



⑺1 Aktenzeichen: 196 48 052.3
⑺2 Anmeldetag: 20. 11. 96
⑺3 Offenlegungstag: 4. 6. 98

⑺1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑺2 Erfinder:
Pfeiffer, Joachim, Dr.rer.nat., 64625 Bensheim, DE

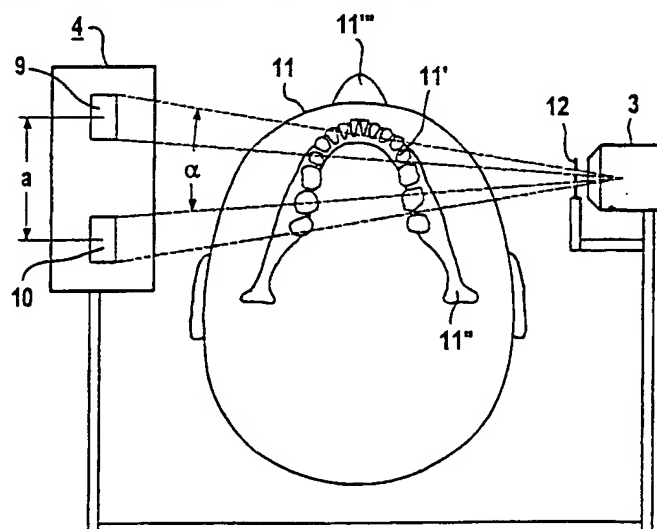
⑤6 Entgegenhaltungen:
WO 95 06 434 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur 3-dimensionalen Rekonstruktion der Position von Teilobjekten eines Schädels

⑤7 Es wird ein Verfahren zur 3dimensionalen Rekonstruktion der Position von Teilobjekten eines Schädels vorgeschlagen, bei dem ein Röntgengerät mit zwei in einem geringen Abstand (a) angeordneten elektronischen Bildsensoren (9, 10) verwendet wird. Bei einer Aufnahme treffen zwei das Objekt (11) unter geringfügig verschiedenem Winkel (α) durchstrahlende Röntgenstrahlenbündel auf. Die von den beiden Bildsensoren (9, 10) gewonnenen Daten von den durchstrahlten Teilobjekten (11') werden als Datensatz in einen Rechner (14) gegeben. In dem vom einen Bildsensor (9) gewonnenen Bild werden die in bezug auf eine Diagnose interessierenden Teilobjekte visualisiert und markiert, die dazu korrespondierenden Teilobjekte im vom anderen Bildsensor (10) gewonnenen Bild werden anschließend vom Rechner ausgesucht und markiert, wobei aus den Geometriedaten der Geräteanordnung und der Teilobjektlage auf beiden Bildern die 3-D-Lagebeziehung zwischen den Teilobjekten errechnet und mittels eines 3-D-Visualisierungsprogramms auf einem Monitor (15) angezeigt wird.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur 3-dimensionalen Rekonstruktion der Position von Teilobjekten (Unterstrukturen) eines Schädels unter Zuhilfenahme eines Röntgengerätes, welches eine räumlich verstellbare Dreheinheit mit einem Röntgenstrahler und einer diametral zum Strahler angeordneten Aufnahmeeinheit aufweist, die zwei in einem sehr engen Abstand angeordnete elektronische Bildsensoren enthält, auf die die bei einer Aufnahme das Objekt in einem dem Abstand entsprechenden unterschiedlichen Winkel durchstrahlenden Röntgenstrahlen auftreffen.

Die 3-dimensionale Rekonstruktion der Position von Teilobjekten eines Schädels ist zwar prinzipiell mit NMR- und CT-Anlagen möglich; solche Großanlagen sind jedoch sehr aufwendig und für viele Anwendungsfälle, insbesondere für den Einsatz in der zahnärztlichen Praxis, letztlich wegen eines nicht ausgewogenen Kosten-/Nutzenverhältnisses nicht geeignet. Mit den konventionellen Tomographie- oder Orthopantomographiegeräten, wie sie in der zahnärztlichen Praxis eingesetzt werden, lassen sich keine 3D-Rekonstruktionen vom Schädel oder Teilen des Schädels erzielen.

Der im Anspruch 1 angegebenen Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem es unter Anwendung der im zahnärztlichen Bereich üblichen Panorama-Röntgengeräte möglich ist, auch 3-dimensionale Bilder von Teilobjekten eines Schädels machen zu können. Im besonderen zielt die vorliegende Erfindung auf die Anwendung in der Kieferorthopädie ab.

Gemäß der Erfindung wird von dem interessierenden Objekt (Schädel) zunächst eine 2-Bild-Aufnahme erstellt. Bei entsprechender Steuerung der Bewegung der Dreheinheit und der TDI-Zeilen der elektronischen Bildsensoren können sich hieraus zwei Schichtaufnahmen ergeben. Als 2-Bild-Aufnahme können aber auch, bei entsprechender Steuerung der TDI-Zeilen der Sensoren, zwei gescannte Summationsbilder entstehen. Die den beiden Bildern der 2-Bild-Aufnahme entsprechenden Daten werden als Datensatz in einen Rechner gegeben bzw. liegen entsprechend dem Aufnahmeverfahren im Rechner vor. Das vom einen Bildsensor gewonnene Bild mit interessierenden Teilobjekten des Schädels wird anschließend auf dem Bildschirm dargestellt und die Teilobjekte werden markiert. Die dazu korrespondierenden Teilobjekte im vom anderen Bildsensor gewonnenen Bild werden vom Rechner ausgesucht und vorzugsweise automatisch, eventuell aber auch interaktiv, markiert. Aus den Geometriedaten der Geräteanordnung und der Lage der Teilobjekte in beiden Bildern wird sodann im Rechner die 3D-Lagebeziehung nach bekannten Formeln errechnet und mittels eines 3D-Visualisierungsprogrammes auf einem Monitor zur Befundung aufgezeigt. Typische Objekte können dabei sein: Zähne, Kiefergelenkskopf, Nasion etc. Medizinisch charakteristische Daten können automatisch berechnet und angezeigt werden (Längen und Winkelwerte, wie sie in der Kieferorthopädie relevant sind). Das Markieren eines interessierenden Teilobjektes kann sich auf ein Markieren eines bestimmten Punktes des Teilobjektes beziehen; bei komplexen Situationen kann es erforderlich werden, daß die gesamte Kontur des Teilobjektes markiert werden muß. Die zum Auffinden der korrespondierenden Teilobjekte im zweiten Bild erforderlichen Algorithmen werden durch die jeweiligen Objekte bestimmt. Im wesentlichen sind diese an die Algorithmen, wie sie aus der Stereofotogrammetrie bekannt sind, angelehnt. Bei bestimmten Objekten kann es auch vorteilhaft sein, wenn der Benutzer selbst die Objekte im zweiten Bild markiert. Das Markieren kann beispielsweise mit Hilfe eines elektronischen Graphik-Eingabetableaus erfolgen.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben, wobei die Fig. 1 und 2 zunächst den an sich bekannten konventionellen Aufbau einerseits eines zahnärztlichen Röntgengerätes zur Erstellung von Panorama-Schichtaufnahmen (Fig. 1) und andererseits zur Erstellung von Schädelaufnahmen (Fig. 2) zeigen. Anhand der Fig. 3 und 4 wird der Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert.

Die Fig. 1 zeigt in einer Prinzipdarstellung ein zahnärztliches Röntgendiagnostikgerät zur Erstellung von Panorama-Schichtaufnahmen. Das Gerät enthält eine in der Höhe verstellbare Tragsäule 1, an der eine mittels eines Antriebs D2 verstellbare Dreheinheit 2 gehalten ist. Die Dreheinheit ist Träger einerseits einer Röntgenstrahlenquelle 3 und andererseits einer diametral dazu angeordneten Röntgenzeilenkamera 4. Mit 5 ist eine Halte- und Positioniereinrichtung bezeichnet, mit der in bekannter Weise der Patientenkopf in einer definierten Position fixiert werden kann. Aufbau sowie Verstellmöglichkeiten der Dreheinheit und der Kopfhalt- und Positioniereinrichtung sind bekannt und beispielsweise in der europäischen Patentanmeldung 0 632 995 näher beschrieben.

Die Fig. 2 zeigt das gleiche Grundgerät wie beschrieben, ergänzt jedoch durch eine am Gerät adaptierbare Vorrichtung, mit der sich Schädelernaufnahmen (sog. Ceph-Aufnahmen) erstellen lassen. Die Tragsäule 1 ist mittels eines Antriebes D1 in Pfeilrichtung höhenverstellbar ausgebildet. Die Dreheinheit 2 kann mittels eines oder mehrerer Antriebe D2 gedreht und geschwenkt werden, um eine Panoramaaufnahme erstellen zu können. Einzelheiten hierzu sind beispielsweise aus der EP-0 229 308 entnehmbar. Am höhenverstellbaren Teil 1a der Tragsäule ist ein Auslegerarm 6 befestigt, der eine weitere Kopfhalt- und Positioniereinrichtung 7 trägt. Die Zeilenkamera 4 ist im Gegensatz zu der in Fig. 1 gezeigten Version nicht senkrecht sondern waagrecht angeordnet und mit einer Vorblende 12 verbunden, die dazu dient, den an sich schon von der im Bereich der Röntgenstrahlenquelle 3 angeordneten Sekundärblende begrenzten Fächerstrahl nochmals exakt auf die Schlitzbreite und Schlitzlänge der Zeilenkamera zu justieren. In der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der vorgenannten Geräte ist die Zeilenkamera 4 ähnlich wie in der bereits genannten EP 0 632 995 aufgebaut; im Innern des Gehäuses befindet sich aber nicht ein zweidimensionaler CCD-Sensor; vielmehr sind dort zwei CCD-Sensoren 9, 10 in einem sehr engen Abstand a von etwa 5 bis 10 cm voneinander angeordnet (Fig. 3). Wie durch die Doppellinienverbindung zum Ausdruck gebracht werden soll, ist die Zeilenkamera 4 mit den beiden Bildsensoren 9, 10 mit der Röntgenstrahlenquelle 3 und der Zweischlitzblende starr verbunden. Im Falle eines Panorama-Gerätes (Fig. 1) läßt sich dieses System in x-/y-Richtung translatorisch und um die Senkrechte dazu (z) rotatorisch bewegen. Im Falle einer Fernröntgenanordnung (Fig. 2) läßt sich das System nur vertikal verschieben.

Die Primärblende 12 ist hier als Zweischlitzblende ausgebildet, und zwar dergestalt, daß der von der Röntgenstrahlenquelle 3 ausgehende Strahl in zwei Teilstrahlen unterteilt wird, die unter dem relativen Winkel α auf die beiden CCD-Detektoren 9, 10 gerichtet sind. Jedes Teilobjekt 11' (Zahn), 11'' (Kiefergelenk) oder 11''' (Nasion) des zwischen Strahlenquelle und Zeilenkamera angeordneten Objekts 11 (Schädel) wird demnach unter leicht unterschiedlicher Blickrichtung von etwa 5 bis 10° aufgenommen, wenn das aus Strahlenquelle 3, Zweischlitzblende 12 und Zeilenkamera 4 bestehende System in der vorerwähnten Weise gedreht bzw. geschwenkt bzw. linear bewegt wird.

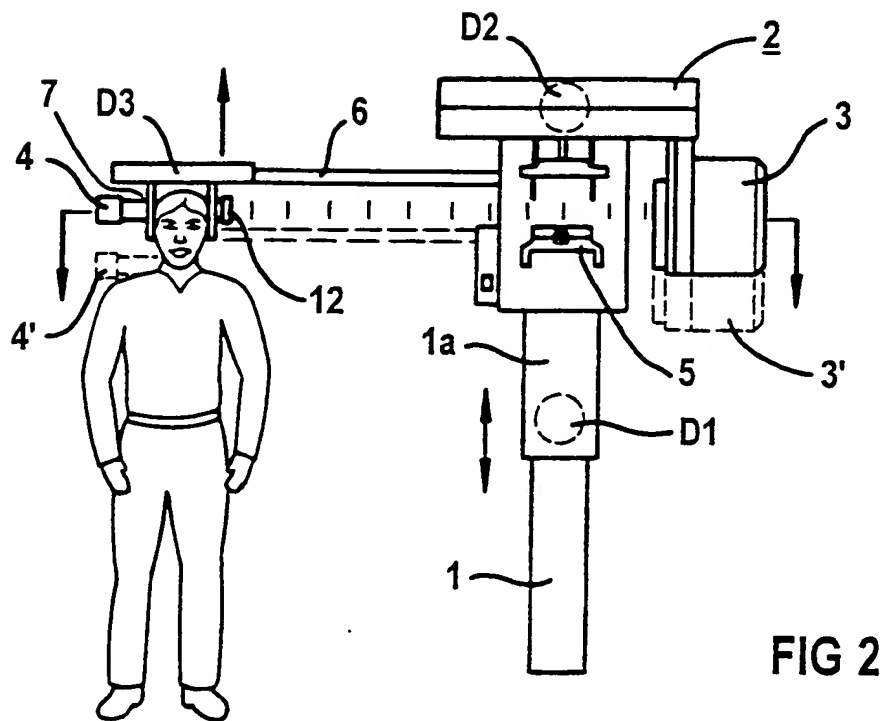
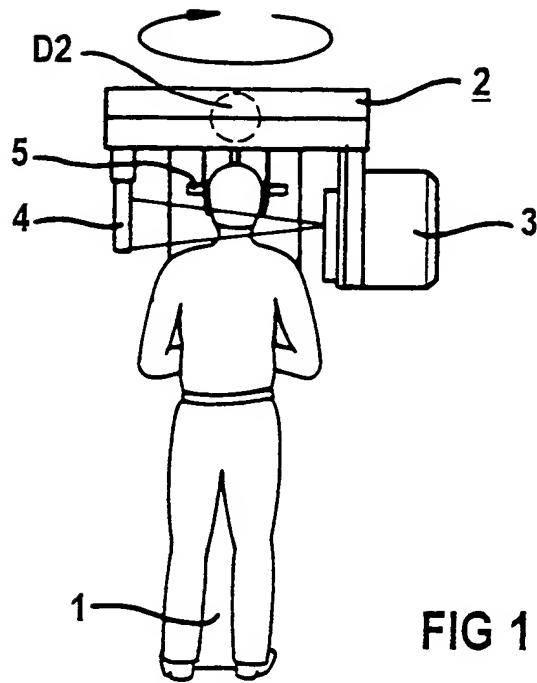
Die Geometriedaten der gesamten Anlage, also die relati-

ven Positionen der Röntgenstrahlenquelle 3 und der Zeilenkamera 4, sind durch vorausgegangene Vermessung bzw. aus den Konstruktionsdaten festgelegt und bekannt. Diese Daten werden aus einem Speicher 13 als Istwerte einem Rechner 14 (Fig. 4) zugeführt oder können im Rechner bereits enthalten sein. In den Rechner 14 werden auch die Daten der über die beiden Bildsensoren aufgenommenen Aufnahmen als Datensatz eingegeben. Auf einem Bildschirm 15 wird das von dem ersten Bildsensor gewonnene Bild visualisiert. Die interessierenden Teilobjekte werden anschließend vom Bediener markiert. Dieser Prozeß wird mit dem vom zweiten Bildsensor gewonnenen Bild wiederholt, wobei die zum ersten Bild korrespondierenden Teilobjekte vom Rechner automatisch ausgesucht und markiert oder auch interaktiv markiert werden können. Aus den Geometriedaten der gesamten Anlage und der Teilobjektlage in den beiden Bildern wird im Rechner nun die 3D-Lagebeziehung zwischen den Teilobjekten errechnet. Die 3D-Lagebeziehung kann anschließend als Tabelle oder mittels eines im Rechner vorhandenen 3D-Visualisierungsprogrammes dreidimensional aufgezeigt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur 3-dimensionalen Rekonstruktion der Position von Teilobjekten (Unterstrukturen) eines Schädels (11) unter Zuhilfenahme eines Röntgengerätes welches eine Dreheinheit (2) mit einem Röntgenstrahler (3) und eine diametral zum Strahler angeordnete Aufnahmeeinheit (4) aufweist, die zwei in einem geringem Abstand (a) angeordnete elektronische Bildsensoren (9, 10) enthält, auf die bei einer Aufnahme zwei den Schädel (11) mit seinen Teilobjekten (11', 11'', 11''') unter geringfügig verschiedenem Winkel (α) durchstrahlende Röntgenstrahlenbündel auftreffen, bei dem die von den beiden Bildsensoren (9, 10) gewonnenen Bilddaten vom durchstrahlten Schädel mit seinen Teilobjekten (11', 11'', 11''') als Datensatz in einen Rechner (14) gegeben werden, bei dem im vom ersten Bildsensor (9) gewonnenen Bild die in bezug auf eine Diagnose interessierenden Teilobjekte visualisiert und markiert werden, bei dem anschließend die dazu korrespondierenden Teilobjekte im vom anderen Bildsensor (10) gewonnenen Bild ausgesucht und markiert werden, wobei aus den Geometriedaten der Geräteanordnung und der Lage der Teilobjekte in den beiden Bildern die 3D-Lagebeziehung zwischen den Teilobjekten errechnet und als Tabelle oder mittels eines 3D-Visualisierungsprogrammes auf einem Monitor (15) dargestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Markieren der Teilobjekte (11', 11'', 11''') im ersten und/oder zweiten Bild durch ein Eingabemittel erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Erkennen und Markieren der Teilobjekte (11', 11'', 11''') im ersten und/oder zweiten Bild vom Rechner (14) durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß es bei einem zahnärztlichen Gerät zur Erstellung von Fernröntgen (Ceph-) Aufnahmen angewandt wird.

- Leerseite -



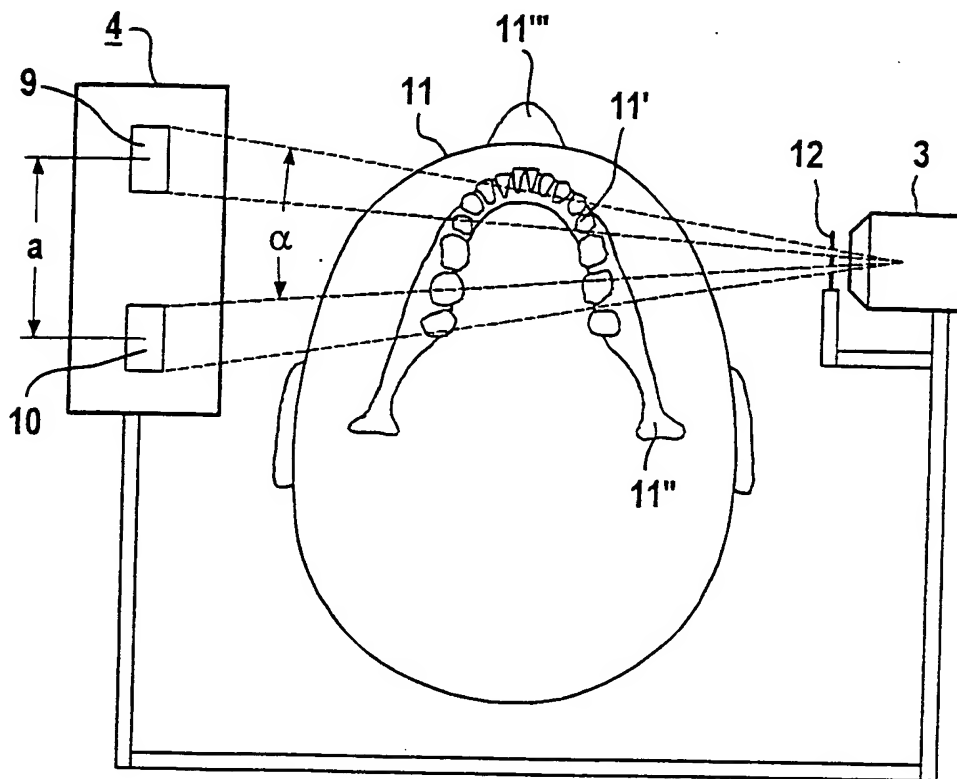


FIG 3

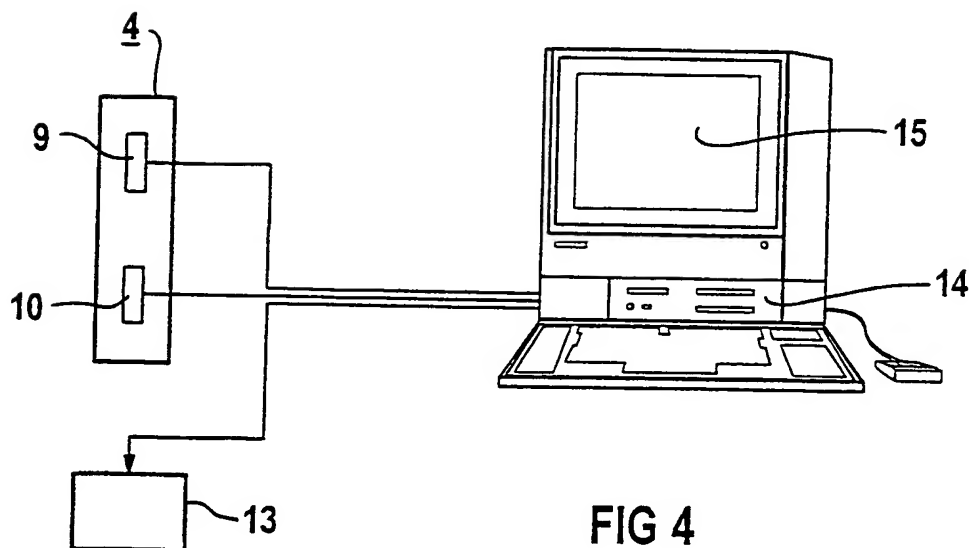


FIG 4

DE 196 48,052 A1

1. Process for the 3-dimensional reconstruction of the position of object parts (substructures) of a skull (11) with the assistance of an x-ray device, which has a rotating unit (2) with an x-ray emitter (3) and an [image] receiver unit (4) arranged diametrically opposite the emitter, which contains two electronic image sensors (9, 10) arranged at a short distance (a), on which [sensors] two x-ray beam bundles that pass through skull (11) with its object parts (11', 11'', 11'''), at slightly different angles (α), impinge when imaging is conducted, for which the image data of the skull that has been irradiated with its object parts (11', 11'', 11''') obtained by the two image sensors (9, 10) are input as a data set into a computer, in which the object parts of interest to a diagnosis in the image obtained by first image sensor (9) are visualized and labeled, and then the object parts corresponding thereto in the image obtained by the other image sensor (10) are sought out and labeled, whereby the 3-D positional relationships between the object parts can be calculated from the geometrical data of the device arrangement and the position of the object parts in the two images, and can be represented as a table or by means of a 3-D visualization program on a monitor (15).

